



BELYSNINGSSTYRNINGAR MED KNX

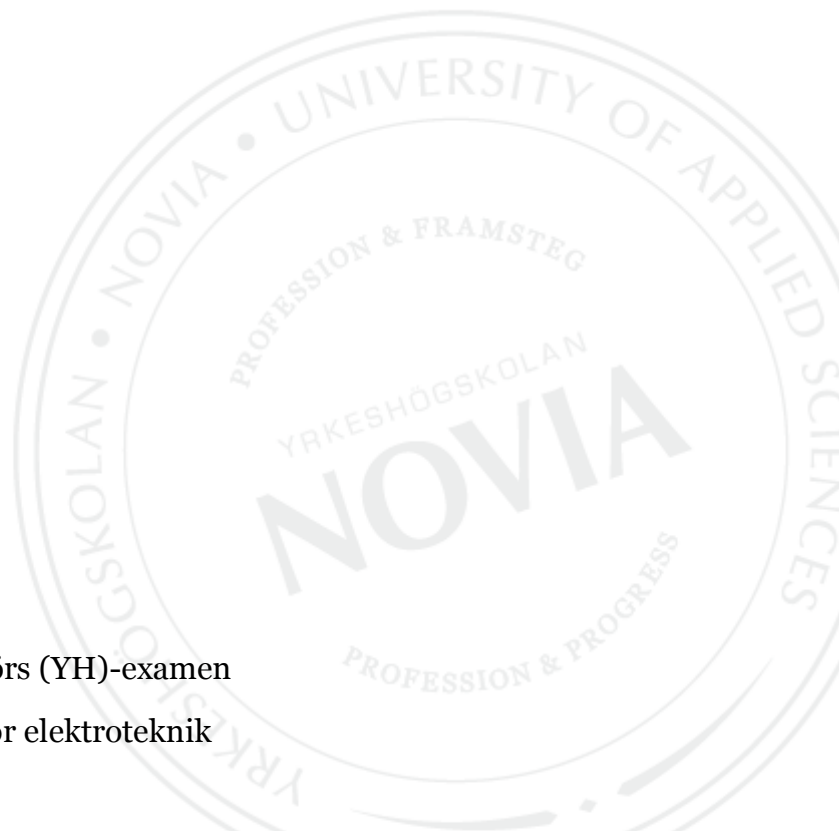
PROJEKTERING, DESIGN OCH PROGRAMMERING

Dennis Sundqvist

Examensarbete för ingenjörs (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för elektroteknik

Vasa 2011



EXAMENSARBETE

Författare:	Dennis Sundqvist
Utbildningsprogram och ort:	Elektroteknik, VASA
Inriktningsalternativ:	Automationsteknik
Handledare:	Dag Björklund

Titel: *Belysningsstyrningar med KNX*

Datum 24.3.2011 Sidantal 41

Abstrakt

Detta examensarbete handlar om styrning av belysning i en större fastighet med hjälp av fastighetsautomationssystemet KNX. Dokumentet innehåller information om KNX angående dess styr- och övervakningsmöjligheter samt inom vilka områden KNX används. Dokumentet beskriver också dess funktioner, struktur/topologi, projektering och programmering i KNX eget programmerings-verktyg ETS.

KNX är världens enda standardiserade automationssystem av sitt slag ämnat för fastighetsautomation och används i såväl stora som små byggnader för styrning av bl.a. belysning, värme, kylning, ventilation och larm. KNX-apparater kommunicerar med varandra utan centralenhet, vilket innebär att varje apparat har egen "intelligens". Kommunikation mellan apparater sker vanligtvis över ett Twisted pair kommunikationsmedium, vilket också gjordes i projektet, men kommunikation mellan apparater kan även ske på annat sätt, t.ex. med powerline- eller trådlös överföring.

Slutligen beskrivs projektets styrfunktioner med KNX. Specifikt vilka utrymmen som styrdes och vilka styr- och övervakningsfunktioner som användes. I projektet användes KNX främst för att få en bekväm, användarvänlig och felfri anläggning. Tillvägagångssättet för projektering med KNX och hur en KNX installation är uppbyggd förklaras och illustreras med hjälp av figurer.

Resultatet av examensarbetet blev en energieffektiv och användarvänlig anläggning med många funktioner för styrning av belysningar i olika utrymmen.

Språk: svenska Nyckelord: KNX, EIB, fastighetsautomation, programmering

Förvaras: Examensarbetet finns tillgängligt antingen i webbiblioteket Theseus.fi eller i Tritonia, Vasa vetenskapliga bibliotek.

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä:	Dennis Sundqvist
Koulutusohjelma ja paikkakunta:	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto:	Automaatiotekniikka
Ohjaaja:	Dag Björklund

Nimike: *Valaistuksen ohjaus KNX-kiinteistöautomaatiolla*

Päivämäärä 24.3.2011

Sivumäärä 41

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö käsittelee isompien kiinteistöjen valaistuksenohjausta KNX-kiinteistöautomaatiolla. Asiakirjasta löytyy tietoa KNX:stä, sen ohjaus- ja valvontamahdollisuuksista sekä eri käyttökohteista. Tämän lisäksi kuvaillaan myös sen toiminnot, rakenne, projektin hallinnointi ja ohjelmointi KNX:in omalla ETS-ohjelmointityökalulla.

KNX on maailman ainoa standardoitu automaatiojärjestelmä, jonka käyttökohde on nimenomaan kiinteistöautomaatio. Sitä käytetään sekä suurissa että pienissä kiinteistöissä valvomaan esimerkiksi valaistusta, lämmitystä, jäähdytystä ja ilmastointia sekä suorittamaan hälytyksiä. KNX-laitteet kommunikoivat keskenään ilman keskustietokonetta, mikä tarkoittaa sitä, että jokaisella laitteella on omaa älyä. Laitteiden välinen viestintä tapahtuu yleensä parikaapeliyhteydellä, jota käytettiin tässäkin projektissa, mutta kommunikointi voidaan toteuttaa myös sähkökaapelilla tai se voi toimia langattoman tiedonsiirron varassa.

Lopuksi työssä kuvataan KNX-ohjaustoiminnot koskien ohjattavia tiloja sekä käytetyt ohjaus- ja valvontatehtävät. KNX-järjestelmän avulla on saatu aikaan mukava, käyttäjäystävällinen ja moitteeton laitteisto. Työssä selvitetään KNX-järjestelmän käyttöönotto ja asennus. Selvitystä on havainnollistettu kuvien avulla. Lopputyön tuloksena syntyi energiatehokas ja käyttäjäystävällinen laitteisto, jossa on monia toimintoja eri tilojen valaistuksen ohjaamiseen.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: KNX, EIB, taloautomaatio, ohjelmointi

Arkistoidaan: Opinnäytetyö on saatavilla joko ammattikorkeakoulujen verkkokirjastossa Theseus.fi tai Tritoniassa, Vaasan tiedekirjasto.

BACHELOR'S THESIS

Author:	Dennis Sundqvist
Degree programme:	Electrical technology
Specialization:	Automation
Supervisor:	Dag Björklund

Title: *Lighting control with KNX*

Date 24.3.2011 Number of pages 41

Abstract

This thesis is about the control of lighting in a large facility with the help of the building automation system KNX. This document contains information about KNX, its control and monitoring capabilities, and about the areas in which KNX is used. This document also describes the KNX functions and the structure/topology, design and programming with the programming tool ETS.

KNX is the only standardized automation system of its kind in the world, designed especially for building automation. It is used in both large and small buildings to control lighting, heating, cooling, ventilation and alarms. KNX-devices communicate with each other without a central unit, which means that each device has its own intelligence. Communication between devices is usually done over a Twisted pair communication medium, as was done in the project, but communication between devices is also possible in other ways, such as through power line- or wireless transmission.

Finally, the document describes the project's control functions with KNX. Specifically, the rooms that were controlled and the control functions and monitoring functions that were used are described. In the project KNX was used mainly to get a comfortable, user-friendly and faultless facility. The approach for the design of KNX and how a KNX installation is built are explained and illustrated with figures. The result of the thesis became an energy-efficient and user-friendly facility with many functions for the control of lighting in various rooms

Language: Swedish Key words: KNX, EIB, building automation, programming

Filed at either the web library Theseus.fi or in Tritonia Academic Library, Vaasa.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Uppdragsgivare.....	1
1.3	Projektet	1
2	KNX.....	2
2.1	Användningsområden.....	3
2.2	Energiinbesparing	3
2.3	KNX Standard.....	5
2.3.1	Leverantörsoberoende.....	5
2.3.2	Produktkvalitet.....	6
2.3.3	ETS (Engineering Tool Software).....	6
2.3.4	Kommunikationsmedium	7
2.3.5	Ihopkoppling.....	8
2.3.6	Teknologioberoende	8
2.4	Kommunikationsprotokoll.....	9
2.4.1	Telegramuppbyggnad.....	9
2.4.2	Media Access Control (MAC) sublagret.....	10
2.4.3	Logical Link Control (LLC) sublagret	10
2.5	Topologi.....	11
2.5.1	KNX uppbyggnad.....	14
2.5.2	Busdeltagare.....	16
2.5.3	Installation	16
3	Planering, design och programmering.....	17
3.1	Projektering.....	18
3.1.1	Projektets linjetopologi.....	18
3.2	Styrning.....	19
3.2.1	Konferensrum.....	19
3.2.2	Skolning.....	21
3.2.3	Korridorer och allmänna utrymmen	22
3.2.4	Trapphus.....	23
3.2.5	Parkering.....	23
3.3	Programmeringen i ETS.....	24
3.3.1	Allmänt om programmering i ETS.....	24
3.3.2	Projektspecifik programmering	27
3.4	Dokumentering	29
4	Komponenter.....	31

4.1	Strömkällor	31
4.2	Linjekopplare	32
4.3	USB Interface.....	32
4.4	Brytakter.....	33
4.5	Binäringångar	33
4.6	Buskopplare.....	34
4.7	Dimmer enheter.....	35
4.8	Tidur	35
4.9	Närvarosensorer.....	36
4.10	Tryckknappar	36
5	Resultat.....	37
6	Diskussion.....	37
	Källförteckning	39

Förklaringar

KNX	KNX är en standard som är oberoende av tillverkare och tidigare känd som Konnex. KNX förknippas ofta med EIB.
Konnex	<p>Konnex-föreningen bildades år 1999, namnet ändrades senare till KNX. I föreningen ingår följande föreningar:</p> <ul style="list-style-type: none">- BatiBUS Club International (BCI)- European Installation Bus Association (EIBA)- European Home Systems Association (EHSA).
BCI	BCI eller BatiBUS International är en föregångare till KNX som kom till i början på 1990-talet och hade sitt huvudsakliga verksamhetsområde i Frankrike, Italien och i Spanien.
EIBA	<p>EIBA eller European Installation Bus Associations främsta uppgifter består bl.a. av att:</p> <ul style="list-style-type: none">- utveckla samt övervaka KNX/EIB-standarden- bedriva marknadsföring av KNX/EIB-tekniken- testa nya produkters kompatibilitet och elektrisk säkerhet- sälja mjukvaran ETS för projektering/programmering och drifttagning av anläggningar.
EHS	En annan föregångare till KNX, var på 1990-talet det mest omtyckta automationssystemet i mindre hus och fastigheter.
ETS	ETS är programmet var själva ihopkopplingen av apparaterna och tilldelningen av styrfunktioner görs genom programmering. Varje tillverkares produktdatabaser kan importeras till programmet så också s.k. insticksprogram för en del komponenter såsom displayer (se kapitel 2.3.3).
Produktdatabas	En produktdatabas i KNX-sammanhang är en fil innehållande en enskild tillverkares produkt eller produktgrupp bestående av ett antal

produkter. Produktdatabaserna finns i allmänhet att ladda ner från tillverkarnas hemsidor.

HVAC	Heating Ventilation and Air-conditioning är ett uttryck som ofta används i automationssammanhang och syftar på styrning av värme, ventilation och luftkonditionering.
VAK	VAK står för ”valvomo-alakeskus” och är det finska namnet för övervakningsundercentral. Används bl.a. för styrning av värme, kylning och ventilation.
PK	PK står för ”pääkeskus” och är det finska namnet på en elektrisk huvudcentral i en fastighet.
RK	RK står för ”ryhmäkeskus” som är det finska namnet på en elektrisk gruppcentral i en fastighet.
DALI	DALI står för Digital Adressable Lighting Interface och är en teknisk standard för nätverksbaserade system för styrning av belysningar i byggnader med t.ex. 0–10 V dimring.
0-10 V dimring	Är en av de tidigaste och enklaste sätten för dimring av belysningar elektroniskt. Används oftast vid dimring av lysrör, lågenergilampor och LED.
MDRC	Modular Din Rail Component är en förkortning på att en apparat är ämnad för montering på en DIN-skena.
DIN-skena	DIN-skenor finns ofta monterade inuti elcentraler för fastsättning av bl.a. automatsäkringar, reläer och kontaktorer.
NAK	Receipt not correct, indikerar felaktig mottagning av t.ex. ett telegram.

CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance, är en metod för kollisionshantering, i KNX-sammanhang för överföring av telegram. CSMA/CA-metoden används eftersom KNX-systemet inte kan detektera kollisioner, alltså en apparat kan inte sända ett telegram och lyssna på buslinjen samtidigt.
OSI modellen	Open Systems Interconnection model, är en modell för data-kommunikation i sju lager. Tanken är att varje lager tillhandahåller en specifik tjänst som är oberoende av de tekniker som används i lagret ovanför eller nedanför. KNX protokolluppbyggnad följer OSI modellen.
MAC	Media Access Control, är ett underlager som tillsammans med LLC-lagret utgör OSI-modellens datalänkskikt. Lagret styr hur nätverksnoderna får åtkomst till OSI-modellens fysiska skikt med CSMA/CA.
LLC	Logical Link Control, felhantering (feldetektering + återsändning) mellan MAC och OSI-modellens lager 3.

1 Inledning

Detta examensarbete innehåller information om KNX och dess styrsystem främst från ett automationsmässigt perspektiv. Först behandlas KNX/EIB allmänt om dess styr- och övervakningsmöjligheter. Sedan beskrivs det egentliga projektet som består av styrning av belysning med KNX i en offentlig byggnad. Den offentliga byggnaden som beskrivs är ett campusområde för affärslokaler, kontor och skolningsutrymmen. Belysning som styrs via KNX i byggnaden är i huvudsak allmänna utrymmen och mötesrum. KNX används främst för att få en bekväm, användarvänlig och fungerande anläggning. Till sist presenteras resultatet i form av figurer över programkoden utvecklad i KNX eget programmeringsverktyg ETS 3 Professional.

1.1 Bakgrund

ESB Elektro Ab Oy blev utsedd till elentreprenör för ett relativt stort byggprojekt i Jakobstad, vilket förutom normala elinstallationer även omfattade styrning av belysning via KNX i en del utrymmen. Eftersom detta var ett okänt område för företaget som i huvudsak sysslar med elinstallationer var tanken att KNX-programmeringstjänsterna skulle köpas utifrån. I stället erbjöds undertecknad att göra programmeringen som ett lärdomsprov, vilket visade sig vara ett mycket intressant och lärorikt men samtidigt ett utmanande arbete.

1.2 Uppdragsgivare

ESB Elektro Ab Oy har fungerat som uppdragsgivare för projektet och Svante Sund har fungerat som handledare. Från Yrkeshögskolan Novia har lektor Dag Björklund fungerat som handledare.

1.3 Projektet

Projektet gäller automatisering av belysningsstyrningar i en del av det s.k. Campuskvarteret i Jakobstad där en ny byggnad uppförs för inrymmande av ett antal olika företag, affärer och undervisningsutrymmen. Byggnaden som ingår i projektet är sex våningar hög samt en parkeringshall under byggnaden. Datum för byggnadens färdigställande är den sista februari 2011.

Egentligen innefattar projektet ombyggnad och tillbyggnad av ett helt kvarter, men eftersom det vid påbörjandet av projektet inte var klart vem som skulle utföra elinstallationerna i hela kvarteret, bestämdes att detta lärdomsprov innefattar endast skede ett av totalt fyra olika skeden.

Projektet innefattar styrning av samtliga belysningar i allmänna utrymmen och konferensrum på samtliga våningar inklusive parkeringshus.

Belysningsstyrningarna görs med KNX/EIB, som är världens enda standardiserade system för fastighetsautomation. I konferens/mötesrummen gjordes scenariostyrningar för olika ändamål såsom standardläge, mötesläge och videoläge. I allmänna utrymmen t.ex. trapphus, korridorer, parkeringshus och dylika utrymmen gjordes tidsstyrningar för tändning och släckning med tidur eller genom trappautomatfunktion.

Samtliga funktioner programmeras i KNX eget programmeringsverktyg ETS 3 Professional.

2 KNX

KNX är ett fastighetsautomationssystem som används i större fastigheter och byggnader men även i mindre objekt bl.a. för att:

- öka anläggningens säkerhet
- minska energiförbrukningen
- reducera kabeldragning
- öka tillförlitligheten
- öka användarvänligheten.



Figur 1 KNX logo /18/

KNX är i huvudsak utvecklat från tre tidigare fastighetsautomationssystem (se kapitel 2.3). Systemet är fastställt som standard sedan år 1999 och är än i dag det enda standardiserade fastighetsautomationssystemet av sitt slag i världen. /3/4/14/

2.1 Användningsområden

KNX används främst till styrning av belysning, värme, kylning, jalusier, markiser och ventilation, men kan också styra en hel del annat som uttagsgrupper, projektordukar, vänta/stig-in system, tjuvlarm, brandalarm och WC-larm. /13/

Det huvudsakliga användningsområdet där KNX ofta installeras är främst affärshus, skolor, hotell, restauranger, flyplatser och kontor, men kan även användas och används också i mindre utsträckning för mindre fastigheter såsom egnahemshus, fritidslokaler, radhus och parhus. /4/

Fördelarna med KNX är väldigt många men många avskräcks p.g.a. den höga prisnivån på komponenter i jämförelse med traditionella brytare, rumstermostat och närvarosensorer. Dock borde man vara försiktig med att jämföra KNX-apparater med traditionella installationsapparater, eftersom KNX-apparater ofta innehåller tilläggsfunktioner som de traditionella inte har. /13/

Om man t.ex. vill ha konstant ljusreglering enligt ljusnivån i rummet och automatisk släckning efter en viss tid efter att en person har lämnat rummet, är detta mycket enkelt att lösa med KNX med endast en närvarosensor som innehåller en luxmätare. Om man dessutom i samma fall vill sänka temperaturen när ingen finns i rummet och reglera till- och frånluften, är detta också lika lätt löst med samma närvarosensor, eftersom KNX-närvarosensorer ofta är försedda med två kanaler, en kanal för belysning samt en s.k. HVAC (se förklaringar) kanal för värme, kylning och ventilation. /4/13/

2.2 Energiinbesparing

Energiinbesparing är ett mycket väsentligt och återkommande ämne i dagens samhälle, få automationssystem klarar sig på dagens marknad utan att ha inbyggda funktioner för energiinbesparing och möjligheterna till att på olika sätt kunna sänka på energiförbrukningen. Dessa saker gäller inte bara inom fastighetsautomation utan praktiskt taget överallt i vårt samhälle.

Hur kan man då spara energi med KNX är då säkert en fråga som många ställer i ett tidigt skede. Svaren är många och för att klargöra en del följer ett exempel på användandet av KNX i ett konferensrum.

System som skall styras är:

- fyra stycken dimbara belysningsgrupper
- värme
- kylning
- ventilation
- projektorduk och projektor
- upptaget-lampa
- jalousier.

Rummet förses med en tryckknapp med inbyggd rumstermostat samt en närvarosensor.

Vid en videopresentation väljs ett scenario "videoläge" varefter följande händer:

- samtliga belysningar dimmas till förinställd nivå alt. Släcks (scenario)
- projektorduken körs ned
- projektorn startar
- ventilationen justeras (för att minska ljudnivån)
- jalousierna körs igen.

När samtliga personer avlägsnar sig från rummet efter presentationen händer följande:

- samtliga belysningar dimmas till en miniminivå (alternativt släcks)
- projektorn stängs
- projektorduken körs upp
- ventilationen går i viloläge (miniminivå)
- rumstemperaturen regleras
- upptaget lampan slocknar
- jalousierna öppnas.

Allt detta sker utan en enda knapptryckning och samtliga funktioner och händelser kan samtidigt övervakas från ett annat rum med hjälp av en dator. Energi besparas på detta sätt genom att reglera belysningen, rumstemperaturen och ventilationen enligt behov. T.ex. behöver inte belysningen vara tänd när rummen inte används. /4/17/

Ovanstående är inte endast frågan om energiinbesparing utan också om bekvämlighet och användarvänlighet. Övriga möjligheter till energiinbesparing kan vara konstant ljusreglering, trappautomat, tidsfunktioner, temperaturreglering m.m. (exempel på en del av dessa följer i kapitel 3 i detta dokument).

2.3 KNX Standard

KNX-standarden grundades och ägs av KNX Association. KNX är världens enda öppna standard för fastighetsautomation. För samtliga medlemmar i KNX Association är systemets källkod tillgänglig och kan således införas i princip på vilken processorplattform som helst. Alla apparater som bär KNX-logotypen är certifierade och garanterar således kompatibilitet, samverkan och kommunikation apparater emellan, även mellan olika tillverkare. Varje apparat programmeras i det gemensamma programmeringsverktyget ETS, som är KNX eget programmeringsverktyg (se kapitel 2.3.3 och kapitel 3). /18/

KNX är godkänd som följande standarder:

- Europeisk (CENELEC EN 50090 och CEN EN 13321-1)
- Internationell (ISO/IEC 14543-3)
- Kinesisk (GB/Z 20965)
- US (ANSI/ASHRAE 135).

Enligt KNX:s hemsida är systemet grundat på över 20 års marknadserfarenhet från sina föregångare BatiBus, EIB och EHS. I nutid (år 2010) har över 200 tillverkare nästan 7000 certifierade KNX-produktgrupper presenterade i deras kataloger. /18/

KNX Association har även partnerskap med över 30 000 installationsföretag i över 100 länder. Dessutom finns också över 150 utbildningscenter runt om i världen. /18/

KNX Association erbjuder också support för systemen BatiBus, EIB och EHS så länge det behövs eftersom KNX Association har uppkommit från dessa tre system. /14/4/

2.3.1 Leverantörsberoende

Eftersom varje KNX-apparat måste genomgå en produktcertifiering innebär detta att systemet förblir leverantörsberoende. Produktcertifieringsprocessen försäkrar att olika apparater från olika tillverkare skall kunna användas i olika applikationer samt fungera och kommunicera med varandra problemfritt. Detta är fördelaktigt eftersom det innebär att systemet har en hög flexibilitet vid utbyggnad och omändring i installationerna. Samtidigt finns det inte nödvändigtvis behov av att använda samma tillverkare som tidigare använts. /18/

2.3.2 Produktkvalitet

KNX Association har en hög nivå på produktions- och kvalitetskontrollerna av samtliga produktgrupper från samtliga tillverkare genom alla stadier under apparaternas livstid. Detta innebär bl.a. att samtliga tillverkare måste visa överensstämmelse med ISO 9001 före de ens kan anmäla sig för en KNX-produktcertifiering. /18/

Produktions- och kvalitetskontrollerna är mycket viktiga eftersom det enligt egen erfarenhet inte får förekomma minsta fel i systemet eller dess apparater. Minsta lilla defekt i system eller produkt leder fort till att konsumenterna tappar förtroendet för systemet.

2.3.3 ETS (Engineering Tool Software)

ETS är utvecklat av KNX Association och är ämnat för installatörer för programmeringen av fysiska adresser och funktioner till samtliga KNX-moduler från samtliga tillverkare. ETS är unikt eftersom det är det enda tillgängliga program (och också det enda tillåtna) för projektering med KNX-apparater. Programmeringen sker genom att man tilldelar apparaterna fysiska adresser och konfigurerar apparaternas funktioner. Apparaterna är oftast mycket mångsidiga med många funktioner. Med ETS konfigureras önskade funktioner enligt behov och möjlighet (se kapitel 3). /3/18/



Figur 2 ETS 3 Logo /18/

ETS används också för övervakning och felsökning av ett KNX-system. Felsökningen är mycket enkel och fel i ett KNX-system är lätta att lokalisera med ETS, dessutom fås en hel del information om apparaternas funktioner, tillverkare och typkod från ETS.

ETS-verktyget finns i fyra olika versioner:

- demo (max: 1 projekt, 20 apparater samt ingen bus överföring)
- trainee (1 projekt, 20 apparater, ingen projektexport, i övrigt full funktionalitet)
- full version (med PC beroende licens eller med en PC oberoende ”dongle”)
- supplementary version (en extra licens till den fulla versionen).

Utöver dessa finns även ETS i flera utföranden, den nyaste versionen är ETS 4 vilken utkom under år 2010. För projektet användes ETS 3 Professional Full Version. /11/

Dessutom finns också andra versioner av ETS som iETS, som är en gateway eller ett interface som används för att koppla KNX till IP/Ethernet. /9/

2.3.4 Kommunikationsmedium

KNX har fyra olika kommunikationsmedium för kommunikation mellan apparater. Det vanligaste och mest använda kommunikationsmedium är dock Twisted pair. Detta främst p.g.a. att Twisted pair har hög överföringssäkerhet samtidigt som utbyggnad av ett Twisted pair system är mycket enkelt. /4/12/15/

Nämnvärt är också att eftersom spänningen är klenspanning vid användningen av Twisted pair apparater, närmare bestämt 29 VDC, finns det ingen risk för att människor eller husdjur skall få en farlig elstöt från strömställare, rumstermostat eller närvarosensorer. /15/

Twisted pair överför data över en bus kabel med en hastighet på 9600 bitar per sekund och använder sig av två trådar. Buslinjen struktureras hierarkiskt i linjer och areor beroende på projektets storlek (se kapitel 2.5). Linjer och areor definieras också i ETS under projekteringsfasen (se kapitel 3.1 och 3.4). /15/

Övriga kommunikationsmedium utöver Twisted pair är:

Power line

Power line används i befintliga 230 V system där KNX skall implementeras för att undvika att en ny Twisted pair kabel måste dras. Befintliga kablar kan användas. Power line är fördelaktigt att använda speciellt på de ställen där dragning av nya kablar inte är möjligt. Alternativet är att använda trådlösa apparater på sådana ställen (se radio frequency nedan). Power line är relativt ovanligt i Finland, eftersom KNX vanligtvis installeras vid nybyggnader och renoveringar och det således oftast är möjligt att dra nya kablar. En nackdel med Power line är dock att överföringen är relativt långsam närmare bestämt 1200 bitar per sekund, vilket är betydligt långsammare än Twisted pair. /4/12/18/

Radio frequency

Trådlös kommunikation används där det inte är möjligt att dra en buskabel eller där man vill undvika kablar. Nackdelen är att räckvidden är begränsad och det kan därför bli väldigt kostsamt ifall man måste använda sig av många mottagare. Nämnvärt är dock att de trådlösa apparaterna fungerar utan batteri eller annan strömförsörjning och det är således mycket enkelt att installera trådlösa tryckknappar. Trådlösa KNX-tryckknappar fungerar

helt utan underhåll. Trådlösa tryckknappar blir ändå relativt sällan använda eftersom prisnivån är hög jämfört med Twisted pair-apparater och dessutom är överföringssäkerheten lägre med trådlös kommunikation. Överföringshastigheten är 16,384 kbit/sekund men maximala effekten är låg, närmare bestämt 25 mW. /4/12/18/

IP/Ethernet

IP/Ethernet används i stora system där snabbhet i systemet är viktigt. IP/ethernet kommunikationsmedium kan användas till hela system eller endast till en del av ett system, t.ex. till backbone-linjen (se kapitel 2.5) för att snabba upp systemet ifall många telegram kan komma att skickas samtidigt, från en linje till en annan. Genom användning av IP/Ethernet för detta ändamål, undviker man kollisioner på backbone-linjen och undviker därmed att systemet överbelastas eller blir onödigt långsamt. Negativt kan dock vara att apparaterna som är avsedda för IP/Ethernet kommunikation är betydligt dyrare. /4/12/18/

2.3.5 Ihopkoppling

Ihopkoppling av KNX med andra system blir allt vanligare och många KNX-tillverkare har gateways för dessa ändamål. Vanliga system som ofta kopplas ihop med KNX är övriga automationssystem, telefon/data nätverk och multimedia nätverk samt IP-nätverk. Exempel på dessa kan vara ventilationsanläggningar, värme/kylanläggningar och DALI-system (se förklaringar). /18/

Ihopkopplingen kan också göras genom att man använder binära och/eller analoga ingångs- och/eller utgångsmoduler till KNX-systemet. Till dessa ändamål finns det många olika ingångs- och utgångsmoduler både som binära och analoga utföranden (se exempel i kapitel 4). /18/

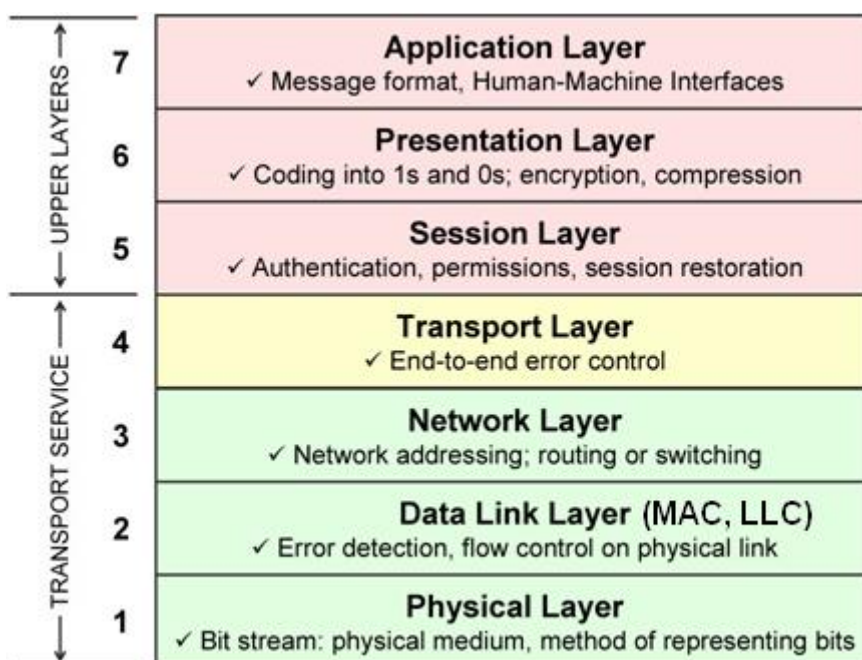
2.3.6 Teknologioberoende

KNX är i princip teknologioberoende och skall teoretiskt kunna implementeras i vilken mikroprocessorplattform som helst från grunden. För medlemmar i KNX Association är detta helt öppet och utan extra kostnader. Problemet är att det är relativt kostsamt att bli medlem i KNX Association. Systemet förblir teknologioberoende eftersom källkoden är öppen för alla medlemmar i KNX Association. Teknologioberoende innebär att samtliga apparater inom KNX är kompatibla med varandra, eftersom alla apparater följer samma princip och använder samma programmeringsspråk. /18/

Att systemet är teknologioberoende är fördelaktigt eftersom det säkerställer systemets överlevnad och underhåll av redan installerade apparater.

2.4 Kommunikationsprotokoll

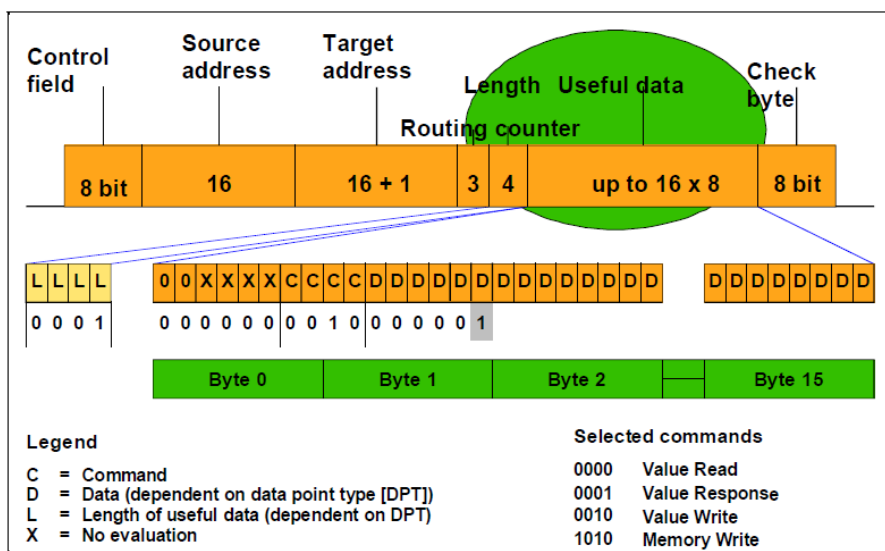
KNX Twisted pair kommunikationsmedium kan jämföras med det fysiska lagret eller lager 1 och åtminstone MAC (se förklaringar) sublagret i lager 2 enligt OSI-referensmodellen. KNX lär följa OSI-modellen (se förklaringar), men det är svårt att få detaljerad information om protokollstacken utan tillgång till ”advanced version” av KNX-handboken. I figur 3 syns en modell på OSI-referensmodellen och dess olika lager, dock inte hur KNX följer denna. /18/20/



Figur 3 OSI-referensmodellen /21/

2.4.1 Telegramuppbyggnad

Telegrammens storlek i bitar eller byte varierar men telegrammen delas alltid upp och förpackas i så kallade tecken med 8 bits data information (8-bitars teckenöverföring). Telegrammen som skickas består av busspecifik information om vart telegrammet skall skickas samt den egentliga händelsen eller nyttoinformationen. Utöver detta innehåller telegrammen dessutom testdata för detektering av överföringsfel (se LLC), vilket garanterar en hög överföringssäkerhet. Telegrammen skickas i binärformat (se figur 4).



Figur 4 Telegrammens uppbyggnad /8/

Telegrammen överförs med en hastighet på 9600 bitar per sekund. Detta innebär således att en bit blockerar buslinjen endast 104 mikrosekunder. Storleken på telegrammen kan variera för olika typ av telegram, t.ex. ett TILL/FRÅN telegram (en tryckknapp aktiveras) tar ungefär 20 ms att sända medan en textöverföring kan ta upp till 40 ms. /4/

2.4.2 Media Access Control (MAC) sublagret

Enligt OSI-referensmodellen (figur 3) sköter MAC-sublagret om adressering och ”media access” hantering, dvs. undvikning och detektering av kollisioner på buslinjen. Detta innebär att telegram kan skickas endast om buslinjen är fri (inget annat telegram skickas samtidigt). Ifall buslinjen är upptagen (ett annat telegram sänds samtidigt) väntar den sändande apparaten en kort tid varefter den försöker sända telegrammet en gång till. Detta fortgår ända tills sändaren har fått en kvittering av mottagaren. Denna metod för sändning av telegram endast om buslinjen är fri kallas för CSMA/CA (se förklaringar) och är en metod som används i olika sammanhang för sändning av data över buslinjer där kollisioner bör kunna undvikas. /4/20/

2.4.3 Logical Link Control (LLC) sublagret

Enligt OSI-referensmodellen sköter LLC-sublagret om felhantering (återsändning då fel detekteras) och flödeskontroll. Detta innebär således att efter ett telegram har skickats, har mottagaren/mottagarna en viss tid på sig att kontrollera om de tagit emot telegrammet rätt, varefter mottagaren/mottagarna kvitterar mottagningen. Alla mottagare skickar kvitteringen på mottagen information samtidigt. /4/20/

Telegrammens kvittering görs genom att apparaten kan med telegramsäkerhetsinformation (CRC) som sänds med i telegrammet, kontrollera hur telegrammet har mottagits, varefter mottagaren kan kvittera resultatet. /4/20/

Vid eventuell felaktig mottagning kvitterar mottagaren med ett NAK varefter den sändande apparaten repeterar telegrammet upp till max tre gånger innan telegrammet avbryts. /4/20/

Vid avbrott (t.ex. buslinjen är bruten) får den sändande apparaten ingen kvittering utan den repeterar telegrammet maximalt tre gånger innan sändningen avbryts. /4/20/

2.5 Topologi

Struktureringen av en linjetopologi i ett KNX-system är mycket viktig. Speciellt i större fastigheter som detta projekt där det finns flera linjer. I mindre byggnader där apparaterna som används är få, är det i allmänhet dock tillräckligt med en linje.

Linjetopologin är viktig eftersom vid användning av Twisted pair kommunikationsmedium, uppstår kollisioner på buslinjen ifall flera apparater försöker skicka ett telegram samtidigt. För att minska på kollisionerna använder man sig av flera linjer och avgränsar linjerna med s.k. linjekopplare. En linjekopplare fungerar som en switch som filtrerar bort information som inte är ämnat för en apparat på en annan linje. Alltså kollisioner kan endast uppstå mellan apparater som befinner sig på samma linje så länge informationen (telegrammet) som skickas från en apparat är ämnat för en eller flera apparater på samma linje. Detta kan då förklaras genom att linjerna befinner sig på olika "collision domain" medan apparater inom samma linje befinner sig i samma "collision domain". /8/

Varje linje behöver en strömkälla 160, 320 eller 640 mA, storleken på strömkällan bestämmer hur många apparater linjen kan ha. /16/

En apparat får högst ha en strömförbrukning på 10 mA (fastställt i KNX standarden), detta innebär att ifall man använder sig av en 640 mA strömkälla kan man ansluta 64 apparater till linjen. Ifall en linje har fler än 64 apparater kan dock linjeförstärkare användas. Rekommendationerna lyder ändå att normalt använda högst 64 apparater per linje. Vid användning av fler än 64 apparater per linje kan telegrammens överföringstider också bli onödigt långa eftersom kollisioner sker allt oftare. /8/16/

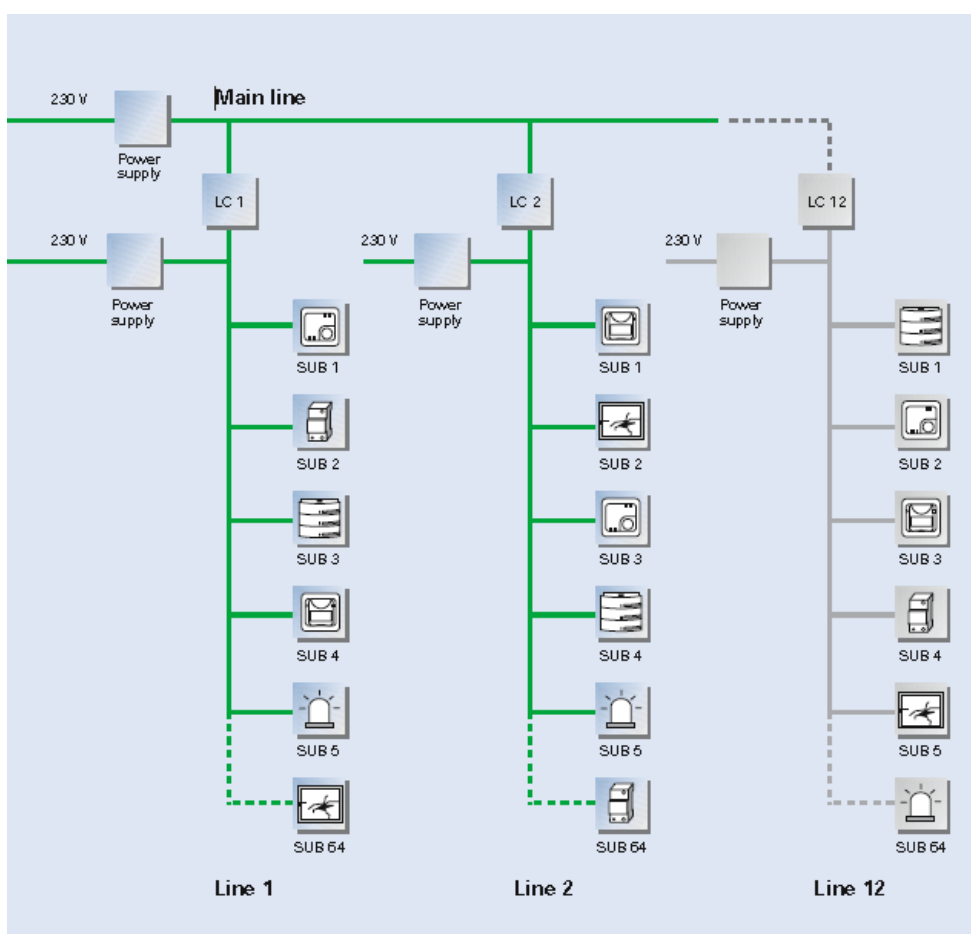
Apparater med hög intelligens såsom touchdisplayer och dylikt får enligt standarden förbruka mera ström, vilket man bör beakta vid strukturering av linjetopologier. Alternativt

i sådana fall där displayer används kan man också sätta in ytterligare en strömkälla på samma linje, denna strömkälla kallas då för en linjeförstärkare och matar linjen via en injekopplare. /8/16/

Vid planeringen av linjetopologin bör man också beakta vissa avstånd. Avstånden som bör beaktas är följande:

- avstånd mellan strömkälla och apparaten längst bort i linjen är max 350 m
- avstånd mellan en apparat till en annan max 700 m
- kablarnas totallängd per linje är max 1000 m
- avstånd mellan strömkälla och linjeförstärkare är min 200 m.

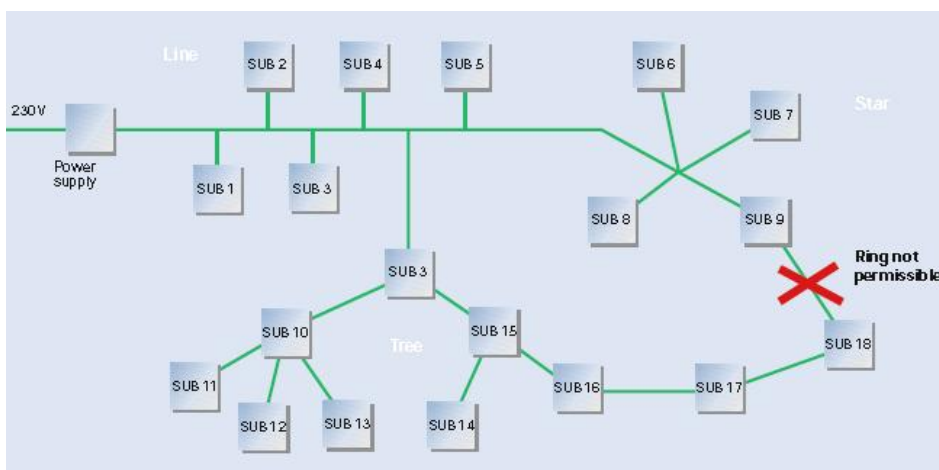
Linjerna begränsas i allmänhet enligt antalet apparater per linje eller enligt de maximala avstånden, men det kan också i vissa fall vara mera fördelaktigt att göra linjetopologin mera baserad på antalet våningar och/eller byggnader. Exempel på en linjetopologi visas i figur 5. /8/16/



Figur 5 Exempel på linjetopologi med många linjer /1/

Figur 5 illustrerar ett exempel på en linjetopologi där linje 1 är för våning 1, linje 2 för våning 2 osv. I figuren syns också att det behövs en huvudlinje med en egen strömkälla, samt en linjekopplare och en strömkälla för varje linje. Det maximala antalet linjer per område är 15 stycken + huvudlinjen. Därutöver finns även möjlighet till 15 stycken områden med 15 linjer (+huvudlinjen) vardera. För att koppla ihop olika områden används ytterligare en s.k. backbone linje. Dessutom kan man vid behov utöka antalet apparater per linje till 4 x 64 stycken ifall man använder linjeförstärkare (rekommenderas dock inte). Det maximala antalet apparater för ett KNX system blir således över 64 000 stycken. /1/16/

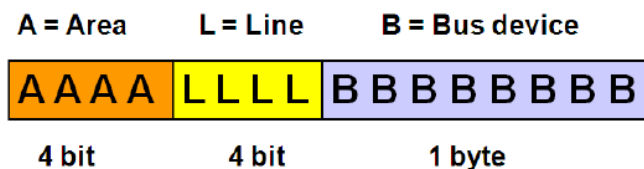
Figur 6 är ett exempel på ett system med endast en linje, apparaterna befinner sig i samma "collision domain" vilket gör att alla apparater lyssnar på all information som sänds över buslinjen. Detta är vanligt i mindre fastigheter och egnahemshus där antalet apparater ofta är ganska få (max 64 stycken). /16/



Figur 6 Exempel på linjestruktur med en linje /1/

Apparaterna kan kopplas in var som helst på linjen så länge man undviker att ringnät uppstår (röda krysset i figur 6). Annars är både bus-, stjärn- och trädstruktur tillåtna. /16/

Alla apparater tilldelas fysiska adresser (förutom strömenhet) och detta görs genom att man programmerar in en adress i apparaten med en dator och programmeringsverktyget ETS. Den fysiska adressen för en apparat kan vara exempelvis 1.1.212, där den första siffran indikerar i vilket område apparaten befinner sig. Dessa områden kan vara mellan 0–15 och således också den första siffran i de fysiska adresserna. Den andra siffran indikerar i vilken linje apparaten befinner sig. Dessa linjer kan liksom områden också vara mellan 0–15. Den tredje siffran står för apparatens individuella adress. Denna siffra är mellan 0–255. Adressernas indelning i binärformat syns i figur 7. /1/4/16/17/

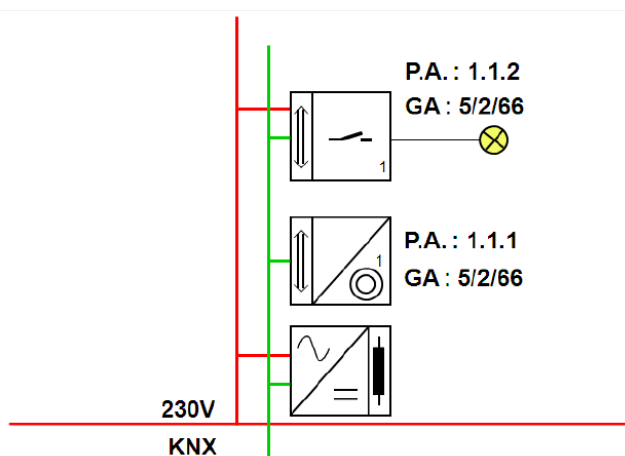


Figur 7 Fysisk adressupbyggnad i binärformat /8/

Vid tilldelning av apparaternas fysiska adresser kan man med fördel lämna ett antal tomma adresser mellan varandra (använder t.ex. varannan adress). Detta för att göra struktureringen mera logisk även vid eventuella ändringar där en eller flera apparater tillkommer.

2.5.1 KNX-uppbyggnad

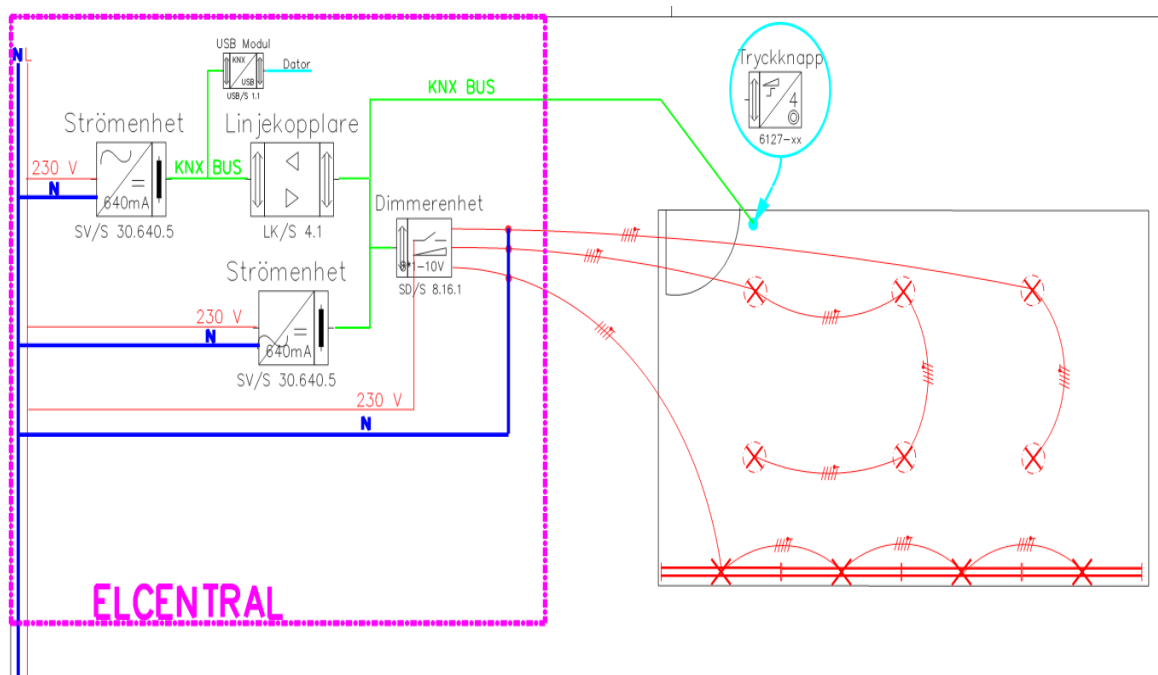
Kommunikationen mellan KNX-apparater görs i projektet via Twisted pair. Detta eftersom Twisted pair är den mest använda metoden. Det minsta möjliga KNX-systemet består enligt figur 8 av en strömenhet, en sensor (tryckknapp), ett ställdon (brytaktor) samt en buskabel (Twisted pair) som förenar dessa tre apparater (se kapitel 2.3.4 om kommunikationsmedium och kapitel 2.5.2 om busdeltagare). /8/



Figur 8 Enklast möjliga KNX struktur /8/

Enligt figur 8 tilldelas tryckknappen och brytaktorn fysiska adresser medan strömenheten lämnas oadresserad. I figuren syns att strömenheten har en 230 V spänningsmatning medan brytaktorn och tryckknappen får sina spänningsmatningar från buslinjen. Brytaktorn behöver emellertid ändå spänning till reläspetsarna och i detta fall är denna spänning också 230 V eftersom brytaktorn styr en lampa som kräver 230 V. /5/

I Figur 9 syns hur ett KNX-system kan göras. Figuren illustrerar samtidigt hur KNX-uppbyggnaden gjordes i projektet.



Figur 9 KNX-uppbyggnad

Figur 9 är ett exempel på en KNX-linjetopologiuppbyggnad som har två linjer separerade från varandra med en linjekopplare. Uppe till vänster syns huvudlinjen som består endast av en strömenhet och en USB-modul samt en ihopkoppling till linjekopplaren. Efter linjekopplaren (som är galvaniskt frånskild från huvudlinjen) finns den andra linjen (linje 1). Denna linje har förutom en strömenhet också en dimmerenhet. Slutligen har linje 1 en 4-vägs tryckknapp som är placerad i ett rum som skall styras. Enligt figuren behöver tryckknappen alltså ingen extern strömförsörjning utan den får sin strömförsörjning från KNX-buslinjen.

Enligt figuren finns tre olika belysningsgrupper som skall styras. Samtliga grupper är dimbara med 0–10 V dimring. Dimmerenheten i centralen behöver alltså ha förutom reläutgångar för tändning och släckning även 0–10 V styrning för dimring av belysningarna. För 0–10 V styrningen behövs två trådar, en tråd för plus (+) och en tråd för minus (-).

2.5.2 Busdeltagare

Det finns fyra typer av apparater som alla kan kopplas till samma buslinje. Dessa är systemenheter, ställdon, sensorer eller regulatorer. /1/5/

Systemenheter är de egentliga enheterna för ihopkoppling av apparater till och från buslinjen. Exempel på systemenheter är strömkällor, linjekopplare, usb- och RS232-interface, IP- routers m.m. Systemenheter utgör i princip ingen direkt styrfunktion utan deras huvudsakliga uppgift är strömtillförsel, övervakning, filtrering, routing osv. /1/5/

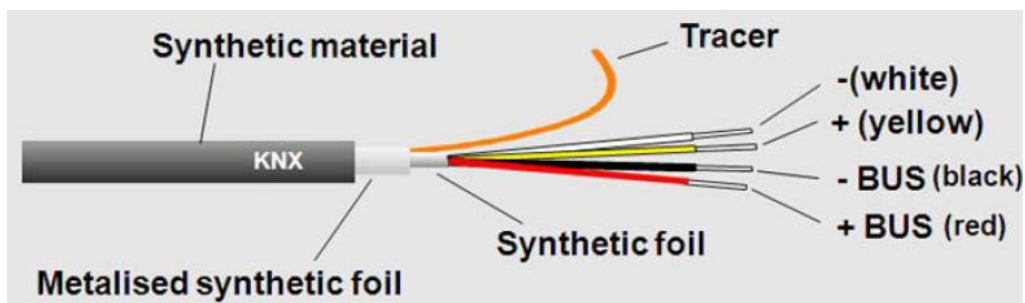
Ställdon är analoga och binära utgångsenheter för dimring, tändning och släckning, steglösa styrningar av apparater osv. Ställdon kan jämföras med traditionella analoga och binära utgångar från en PLC. /1/5/

Sensorer är tryckknappar, närvarosensorer, vindsensorer, lux-mätare och rumstermostat. Sensorer kan jämföras med analoga eller digitala enheter som kopplas till ingångsenheter på en PLC. /1/5/

Sensorer och ställdon kan bli logiskt ihopkopplade med hjälp av regulatorer. Exempel på regulatorer kan vara logikmoduler för mera komplexa funktioner för ett system. /1/5/

2.5.3 Installation

För installation används vanligtvis en kabel av typ YCYM 2x2x0.8 vilken är standardiserad för användning för KNX (se figur 10). Denna kabel har fyra trådar och en jordtråd, men endast två av trådarna används för normalt bruk. Trådarna som används är röd för plus och svart för minus. De två återstående trådarna är gul och vit, dessa lämnas normalt oinkopplade. /15/



Figur 10 Bus kabel /15/

Alternativt kan även annan typ av partvinnad kabel användas som dock inte är standardiserad men funktionen är den samma, exempel på sådan kabel är KLMA 4x0.8+0.8 som också användes i projektet. /5/15/

Kabeldragningen görs som bus-, stjärn- eller trädstruktur. Man bör dock vara uppmärksam på att undvika ringnät eftersom detta inte är tillåtet och kan medföra problem. /15/

Adresseringen av de fysiska adresserna till samtliga apparater och buskopplare kan med fördel göras före installation speciellt vid större projekt. Detta p.g.a. att man vid adresseringen av en apparat måste trycka in en programmeringsknapp på apparaten. Ifall man då gör adresseringen innan installation undviker man att behöva springa runt till varje brytare i hela byggnaden för att trycka in programmeringsknappen. /15/

Adressering av de fysiska adresserna på förhand var fördelaktigt i projektet eftersom avstånden var långa och våningarna många. Programmeringen av de fysiska adresserna kunde därför göras redan i ett tidigt skede utgående från planritningarna. Detta var möjligt eftersom funktionerna inte behöver programmeras in vid programmeringen av de fysiska adresserna. En annan orsak till varför adresseringen gjordes på förhand är att det är ett ganska tidskrävande arbete, varje apparat skall adresseras enskilt och endast adresseringsförloppet tar ungefär 30–40 sekunder per apparat beroende på datorns prestanda. Därtill skall apparaterna kopplas in till buslinjen, programmeringsknappen tryckas in och en adress skrivs på apparaten.

3 Planering, design och programmering

Projektet innefattade att designa, planera och programmera funktioner för belysningsstyrningar, främst i allmänna utrymmen och mötesrum. Det visade sig snabbt att man redan i planeringsskedet bör göra en tydlig topologi för systemet, detta för att få en så logisk och välutformad strukturering som möjligt. Speciellt i större projekt där ett KNX-system innehåller många linjer är det mycket viktigt att få struktureringen av systemet logisk. Detta för att underlätta både kabeldragningen och eventuell felsökning av systemet. En logisk strukturering kan även innebära mindre kostnader eftersom man då undviker att använda fler linjer än nödvändigt, vilket innebär lägre kostnader i såväl kabeldragningar som i KNX-apparater.

I projektet var det inte så lätt att följa ovanstående om logisk strukturering eftersom det i planeringsskedet inte ännu var klart, hur alla utrymmen skulle se ut och vilka styrningsmöjligheter utrymmen skulle utrustas med. Detta medförde att kompletteringar både i linjetopologin och i planeringen måste göras efter påbörjad programmering. Struktureringen och projekteringen beskrivs i följande kapitel (3.1 och 3.2).

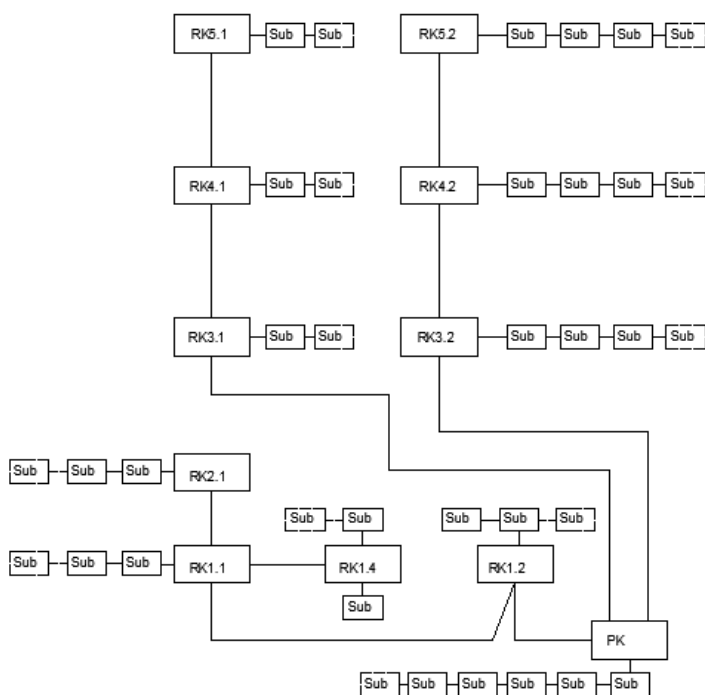
3.1 Projektering

Nedan följer projekteringsfasen av själva projektet innehållande linjetopologi, planering av scenariofunktioner och tidsfunktioner samt adressering och programmering av apparaterna i programmeringsverktyget ETS 3 Professional.

Detta avsnitt kommer dessutom att förklara ETS Professional mera ingående angående dess användning. Förklaringarna kommer att göras med hjälp av både ritningar och skärmdokument från ETS.

3.1.1 Projektets linjetopologi

Projektets linjetopologi var enligt figur 11 inte våningsvist såsom tidigare beskrivits om linjetopologiers uppbyggnad, utan i projektet hade linjetopologin i stället gjorts områdesvis vilket i vissa fall kan vara mera fördelaktigt jämfört med våningsvist.



Figur 11 Projektets linjetopologi

Från figur 11 består linjetopologin av fyra linjer (+ en huvudlinje). Varje linje startar från huvudcentralen (PK i figur 11) med en linjekopplare, förutom huvudlinjen som endast kopplar ihop linjerna via linjekopplare. Linje 1 är i figuren linjen som utgår från PK direkt till apparaterna på källarvåningen. Linje 2 innefattar hela första och andra våningen, medan linje 3 och linje 4 är fördelade områdesvis.

Eftersom varje linje behöver en strömenhet är alltså första linjens och huvudlinjens strömenheter placerade i PK, andra linjens strömenhet i RK1.1, tredje linjens strömenhet i RK3.1 och den fjärde linjens strömenhet i RK3.2.

I figuren står RK för gruppcentral, KNX-centralenheterna är placerade i respektive gruppcentral och tillhör samma linje som apparaterna som utgår från gruppcentralerna.

Linjetopologin i figur 11 gäller för skede 1, men i verkligheten finns även en backbone-linje som finns till för att förena olika områden. Projektet kommer i slutändan att bestå av två olika områden vilket också kommer att ses från skärmklippen ur ETS Professional framöver i detta dokument. /16/

3.2 Styrning

Nedan följer information om vad som styrdes i de olika utrymmen, exempelvis scenariofunktioner och tidsfunktioner. Vidare berättas även hur styrningarna av de olika funktionerna gjordes.

Endast de väsentligaste funktionerna tas upp eftersom det fanns otaliga rum i byggnaden. Många av dessa styrdes dock på samma sätt så det ansågs onödigt att beskriva alla, t.ex. fanns det 16 konferensrum som alla hade samma belysningsstyrningar.

3.2.1 Konferensrum

Konferensrummen är försedda med olika ljusscenarion för olika ändamål som ändras med hjälp av en tryckknapp innanför dörren (inringad med en blå ring i figur 12). Det finns även en närvarosensor som känner av rörelse i rummen (röd ring i figur 12). Enligt figur 12 finns tre olika belysningsgrupper varav två av dessa är dimbara med 0–10 V dimring.

0–10 V dimring används vid dimring av lysrör och lågenergilampor, vilket också var det enda dimringssättet som användes i detta projekt, eftersom de flesta belysningarna antingen var lysrör eller lågenergilampor.

Belysningsgrupperna är huvudbelysning, tavelbelysning samt väggbelysning (ljusramp). Grupperna som är dimbara är huvud- och tavelbelysning. Ljusscenerierna gjordes med tre olika scenarier, standardläge, mötesläge och videoläge.

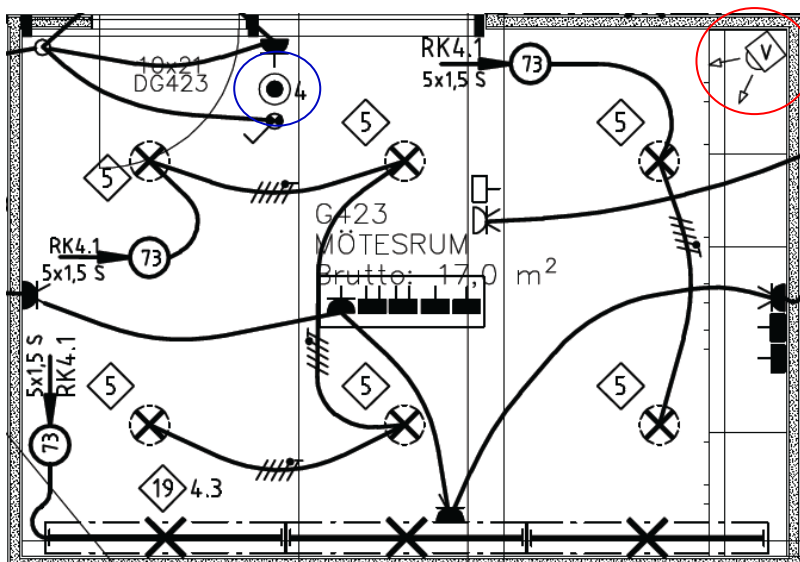
I standardläget är huvudbelysningen samt tavelbelysningen dimmade till 70 % av full belysningsstyrka medan väggbelysningen är på. Neddimmningen av belysningen i standardläget gjordes eftersom det märktes nästan ingen skillnad alls i belysningsstyrka mellan 70 och 100 %.

Fördelen med 0–10 V dimring är att om man dimmar belysningen till 70 % är också strömförbrukningen 70 %. Samma sak gäller inte vid universal dimring där strömförbrukningen i förhållande till ljusstyrkan sällan är en linjär kurva. Detta testades genom att mäta strömförbrukningen vid universal dimring jämfört 0–10 V dimring.

Ifall man ändå tycker att belysningen inte räcker till i standardläget finns ett s.k. mötesläge där samtliga belysningar lyser med full styrka. Vid testningen av systemet märktes dock nästan ingen skillnad alls i ljusstyrka mellan standardläge och mötesläge.

Det tredje ljusscenariot är videoläge. I videoläget dimmas huvudbelysningen till 20 % medan tavelbelysningen och väggbelysningen släcks helt (se figur 12). Detta för att underlätta att bilden från en projektor eller OH syns tydligt.

Närvarosensorn finns för att indikera rörelse i rummet. Ifall ingen rörelse noteras i rummet under en förinställd tid dimmas huvudbelysningen och tavelbelysningen ner till ett minimivärde medan väggbelysningen släcks. Detta gäller normal kontorstid (endast vardagar 7–17), övriga tider släcks belysningen helt då närvarosensorn inte noterar någon rörelse. Om belysningen är på (i minimiläge) klockan 17.00 kontrolleras det en extra gång ifall någon rörelse noteras i rummet varefter belysningen släcks.

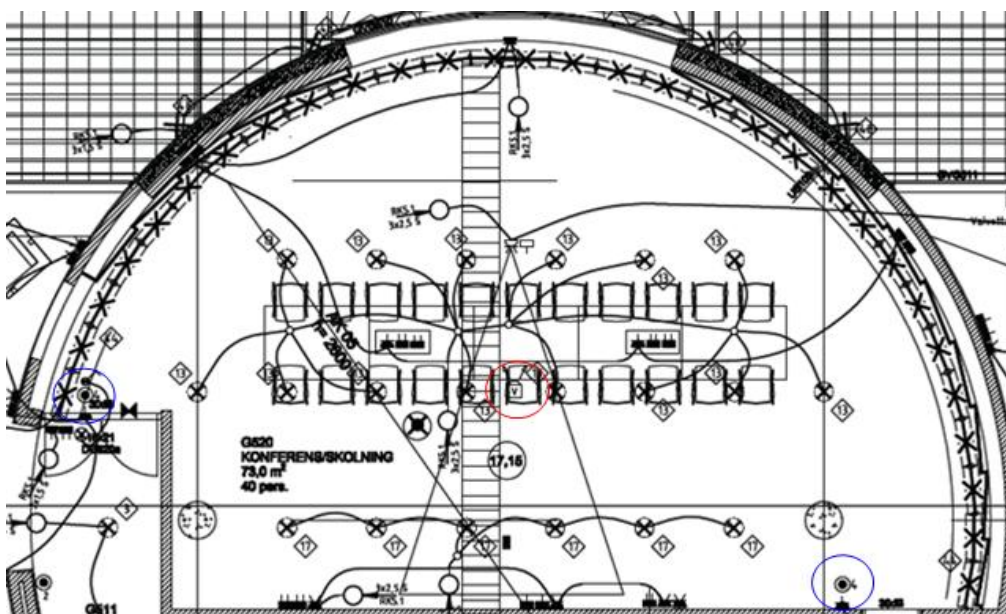


Figur 12 Elritning på mötesrum G423.

Dimringen av belysningen till ett minimiläge (11 %) görs för att undvika tändning av redan varma lysrör, eftersom detta medför större slitage på lysrören. En annan orsak är att ett lysrör eller överlag de flesta belysningstyper och armaturer förbrukar mest ström i tändningsögonblicket.

3.2.2 Skolning

Skolningsutrymmen styrdes liksom konferensutrymmen med tre olika ljusscenario. Scenarierna var i dessa rum också utformade på samma sätt med standardläge, mötesläge och videoläge. I figur 13 syns en bild på belysningsgrupperna i ett skolningsutrymme.



Figur 13 Elritning på skolningsrum.

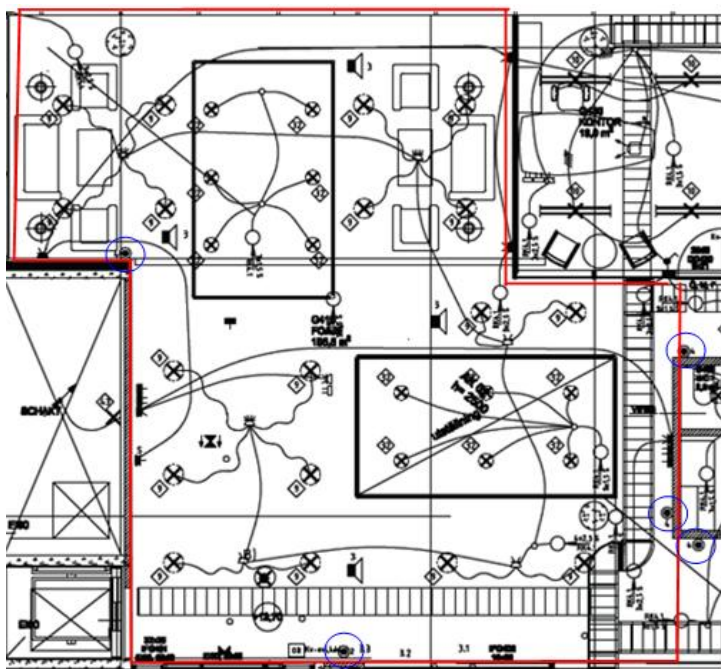
Enligt figur 13 finns det tre olika belysningsgrupper: huvudbelysning, rampbelysning och väggbelysning. Rampbelysningen som enligt figuren består av 6 armaturer är dimbara med 0–10 V dimring. Väggbelysningen är dimbar på samma sätt medan huvudbelysningen endast ON/OFF.

Vid standardläge är samtliga belysningar på, och de dimbara grupperna är liksom mötesrummen på till 70 %. I mötesläget är samtliga belysningar på till 100 % och vid videoläge släcks huvudbelysningen och rampbelysningen, medan väggbelysningen dimmas till 40 %.

I figur 13 är tryckknapparna synliga och inringade (blå ring) och närvarosensorn inringad med en röd ring.

3.2.3 Korridorer och allmänna utrymmen

I korridorer och allmänna utrymmen styrs belysningen med både tidsstyrning och trappautomatfunktion. Tidsstyrningen utgörs av en tidsinställning som indikerar dagtid (07.00-17.00). Denna tidsstyrning inaktiverar trappautomatfunktionen för att belysningen skall hållas tänd vid knapptryckning dagtid. Ifall belysningen i ett allmänt utrymme är tänd när klockan blir 17.00 släcks belysningen. Belysningen kan emellertid åter tändas vid aktivering av tryckknapp.



Figur 14 Elritning på allmänt utrymme (Foa).

Efter klockan 17.00 hålls belysningen tänd endast en förinställd tid som valdes till 15 minuter. Det är emellertid ändå möjligt att förlänga tiden genom att trycka in tryckknappen en gång till. Tiden fördubblas för varje knapptryckning upp till max 5 ggr den förinställda tiden. Belysningen kan ändå släckas och alla tidsfunktioner inaktiveras närsomhelst.

Automatisk släckning av belysning i korridorer gjordes eftersom det annars finns stor risk att belysningarna i korridorerna lämnas på dygnet runt.

3.2.4 Trapphus

Trapphusen styrs genom tidsfunktioner och trappautomatfunktioner. Normalt vid knapptryck i trapphusen tänds belysningen och hålls på i en förinställd tid. I projektet ställdes tiden till 10 minuter, på samma sätt som i allmänna utrymmen fast med kortare tid.

Ifall man däremot trycker en gång till på tryckknappen förlängs tiden med ytterligare 10 minuter. Detta kallas uppumpning och den är inställt för max 5 ggr den förinställda tiden. Den maximala tiden som belysningen i ett trapphus hålls på är således 50 minuter.

Därtill finns även en tidsfunktion som tänder belysningen på vardagar mellan 07.00–09.00 och 15.00–17.00. Vid dessa tidpunkter är det mest trafik i trapphusen och man vill undvika att man behöver tända belysningen om och om igen.

3.2.5 Parkering

I parkeringshallen under byggnaden är belysningen vid nedkörningsrampen konstant på mellan 15.00 och 08.30 och övriga tider av. Detta innebär att vid tidpunkter där belysningen utifrån är tillräcklig, är belysningen vid nedkörningsrampen släckt för att undvika att belysningen är på i onödan.

Denna funktion för styrning av belysningen vid nedkörningsrampen gjordes delvis eftersom det inte fanns någon logisk plats att placera en tryckknapp och delvis för att spara på belysningen så mycket som möjligt.

I själva parkeringshallen är belysningen tänd mellan 07.00–21.00. Övriga tider fungerar belysningen med knapptryck och trappautomatfunktion. En grundbelysning (en belysningsrad) är emellertid konstant på.

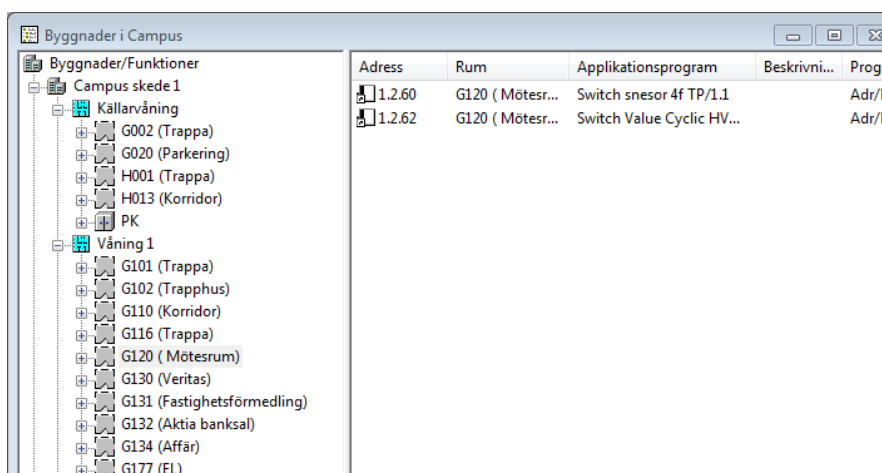
3.3 Programmeringen i ETS

Detta kapitel förklarar först allmänt om programmering i ETS för att läsaren skall få en överblick över hur programmeringen går till. Därefter visas programkoden för projektet och dess funktioner beskrivs.

3.3.1 Allmänt om programmering i ETS

Programmeringen i ETS Professional görs genom att först skapa ett nytt projekt. Efter att projektet är skapat bör man se till så att man har behövliga produktdatabaser importerade i projektet, i annat fall bör detta göras innan projekteringen påbörjas. Produktdatabaserna fås från respektive tillverkares hemsida. I projektet användes ABB:s apparater (se kapitel 4) och ABB:s produktdatabaser var således de enda som behövdes.

Efter att man har de rätta produktdatabaserna installerade kan man börja med själva projekteringen/programmeringen. Det första steget kan med fördel vara att inkludera byggnader, våningar, rum och centraler som projektet i fråga innehåller. Detta görs i vyn byggnader enligt figur 15.

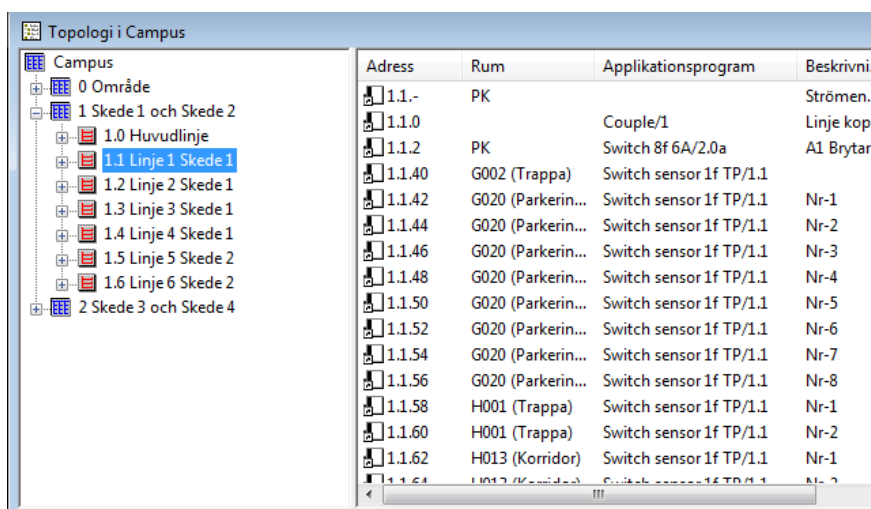


Figur 15 ETS Professional, byggnadervyn.

I nästa steg inkluderas apparater till projektet från produktdatabaserna. Detta görs genom att man högerklickar på ett rum och väljer ”lägg till deltagare”. Ett sökfönster öppnas som möjliggör sökning efter önskad apparat på flera olika sätt (sökning efter typ, produktkod eller genom manuell sökning). /11/

Efter att alla apparater är inkluderade i samtliga rum och centraler är det fördelaktigt att fortsätta med att tilldela apparaterna fysiska adresser, om man inte har valt automatisk tilldelning av fysiska adresser i menyn anpassa. Enligt egen erfarenhet är det fördelaktigt

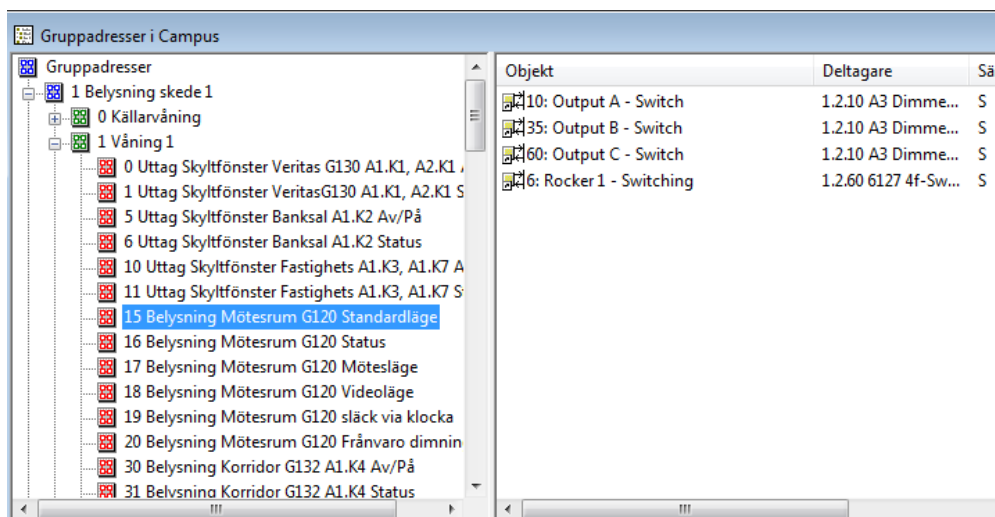
att tilldela fysiska adresser manuellt (avmarkerat tilldelning av fysiska adresser i menyn anpassa) eftersom man då kan säkerställa att adresseringen blir så logisk som möjligt. Adresseringen av de fysiska adresserna kan göras i topologivyn enligt figur 16.



Figur 16 ETS Professional, topologivyn.

Vid manuell tilldelning av fysiska adresser kan adresserna med fördel tilldelas med t.ex. varannan adress. Områdes- och linjestruktureringen bör alltså vara klar innan adresseringen påbörjas (se kapitel 3.1).

Efter att apparaterna är inkluderade och de fysiska adresserna tilldelade är nästa steg att göra gruppadresser för varje funktion som ska finnas i programmet. Detta görs i gruppadressvyn enligt figur 17.



Figur 17 ETS Professional, gruppadressvyn.

Enligt figur 17 görs gruppadresseringen på samma sätt med topologivyn som trädstruktur, där gruppadresserna delas in i områden, funktion, våning och rum. Även för

gruppadresserna är det fördelaktigt att lämna ett antal lediga adresser med jämna mellanrum för att underlätta struktureringen för framtida behov. I figur 17 syns att gruppadressen för ”belysning mötesrum standardläge” har valts, i denna gruppadress finns tre olika reläutgångar samt en tryckknapp. Detta innebär att vid aktivering av tryckknappen som är länkad till denna gruppadress, kommer samtliga reläutgångar som finns i gruppadressen att slutas.

På samma sätt som ovan beskrivet görs samma sak för alla funktioner, det viktigaste att tänka på är att ett objekt kan endast ha en sändande adress, men samtidigt lyssna på flera objekt. Detta innebär att t.ex. en tryckknapp kan sända telegram på endast en gruppadress men samtidigt lyssna på en eller flera adresser, t.ex. ett eller flera statustelegam.

För användning av olika funktioner för olika apparater kan dessa redigeras och ändras genom att högerklicka på en apparat i ETS och välja ”redigera parametrar”. Parametrar som kan redigeras på en apparat är väldigt olika och beror på vilka styr- och övervakningsmöjligheter apparaten i fråga har. /3/7/11/

För att få en bra överblick i hur programmeringen görs i ETS 3 Professional rekommenderas att titta på Schneiders onlinekurs för grunderna i ETS-programmering som finns på Schneider Electric Sveriges hemsida. /19/

Till höger i figur 18 syns vyn byggnader/funktioner. I denna vy sattes samtliga rum på samtliga våningar samt alla centraler in. I rummen sattes sedan in tryckknappar och närvarosensorer och i centralerna sattes centralenheterna såsom brytakter och dimmerenheter in.

Uppe till vänster syns topologivyn. I denna vy gjordes områdes- och linjesstruktureringen samt tilldelningen av apparaternas fysiska adresser. Enligt figuren kan man se att det finns två områden i projektet. Område 1 innefattar skede 1 och 2 medan område 2 innefattar skede 3 och 4, men eftersom detta lärdomsprov innefattade endast skede 1 så förklaras endast funktioner tillhörande det första skedet.

I figuren syns också att skede 1 innefattar förutom huvudlinjen 4 linjer. Dessa linjer har alla en egen strömkälla och en linjekopplare samt apparaterna som tillhör varje linje.

Tilldelningen av de fysiska adresserna har gjorts genom att lämna varje udda adress ledig. Detta gjordes främst för att underlätta att sätta till apparater vid ändringar och utbyggnad av systemet eftersom det i planeringsskedet ännu fanns en del oklarheter.

Nere till vänster syns också gruppadress vyn, i denna vy definieras de olika funktionerna och apparaterna länkas samman. Även här har ett antal adresser lämnats tomma. Från figuren kan även ses att för en enkel TILL/FRÅN styrning användes två gruppadresser, en gruppadress för själva styrningen (Av/På), och en adress för statusobjektet.

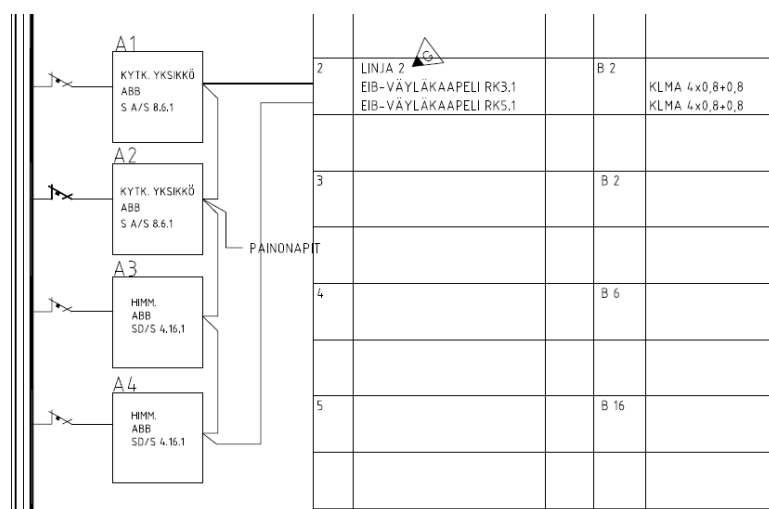
Statusobjektet är viktigt ifall en och samma belysningsgrupp kan styras från flera ställen vilket också var fallet i projektet. Statusobjektet på brytaktorn skickar ett statusteleggram till alla tryckknappar vid aktivering. Detta görs för att alla tryckknappar skall känna till ifall belysningen är av eller på. Man kan således undvika att två knapptryck behövs för att tända eller släcka en belysning. Dessutom är statusobjektet viktigt för att indikeringslysdioden på tryckknappen skall följa belysningens status (se figur 31). /10/11/

Tumregeln är att det alltid behövs en gruppadress för varje funktion. Detta innebär att vid användningen av dimringsfunktioner och scenariostyrningar behövs en gruppadress för varje dimmer funktion och varje scenario. /10/

3.4 Dokumentering

Dokumentering av ett KNX-system görs både genom att skriva ut rapporter över funktionerna och att skriva kommentarer i ETS. Dessutom görs också central- och kretsschemor. Nedan följer två exempel på hur ett centralschema respektive ett kretsschema med KNX-apparater kan se ut, centralscheman och kretsscheman är hämtade från en av projektets gruppcentraler.

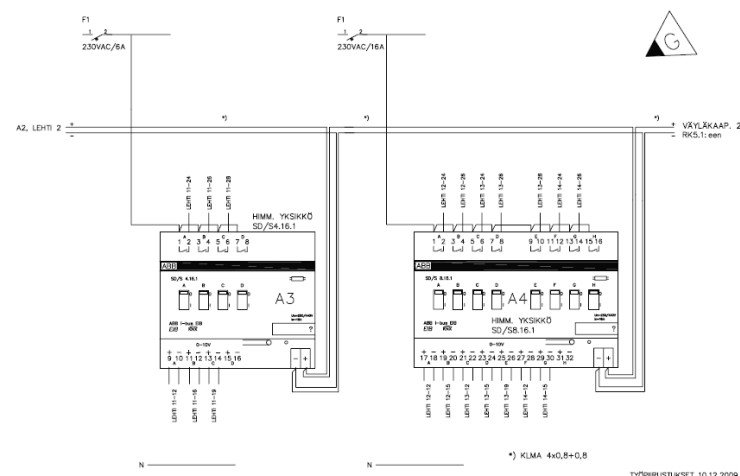
Dokumenteringen som fås från ETS kan bli hundratals sidor och det kan därför vara fördelaktigt att endast dokumentera detta elektroniskt. En detaljerad dokumentation för funktionerna i projektet är över 400 sidor lång.



Figur 19 Centralschema över KNX apparater.

I figur 19 kan urskiljas hur ett centralschema med KNX-apparater kan se ut. I figuren kan även urskiljas att endast en manöversäkring per apparat är använd. Detta beror på att utgångarna från dessa KNX-apparater endast styr reläer och kontaktorer och behöver således inte ha skilda spänningsmatningar till varje utgång. Det är även möjligt att styra belysningar direkt via utgångarna och man behöver således inte nödvändigtvis använda kontaktorer eller reläer. Brytatorer och dimmermoduler finns med 6, 10, 16 och 20 A utgångar. /2/

I figur 20 kan urskiljas ett kretsschema med KNX-apparater. I kretsschemat används ABB:s apparater. Apparater i kretsschemat nedan är dimmermoduler med 0–10 V dimring.



Figur 20 Kretsschema över KNX apparater.

På övre sidan av modulerna syns reläutgångar som har en 230 V matning och på nedre sidan syns styrspänningens (0–10 V) plus och minus utgångar samt var buslinjen inkopplas. Observera att apparaterna inte behöver en extern spänningsmatning förutom en spänningsmatning som går genom reläutgångarna till ett relä eller en kontaktor.

Projektstatistik		Campus	
Deltagare	264	Kommunikationsobje	1717
Gruppadresser	512		
Huvudgrupper	4		
Mellangrupper	10		
Individuella Adresser	256		
Områden	2		
Linjer	6		
Rum	122	Funktioner	
Byggnader	2		
Byggnadsdelar	10		
Rum	103		
Kabinetter	19		
Products by Manufacturer			
Fabrikat		Antal	
ABB		15	

Figur 21 Projektstatistik hämtad från ETS Professional.

I figur 21 syns en rapport över projektstatistiken för projektet. Enligt figuren har 264 apparater använts vilket berättar en del om hur omfattande projektet var. Kommunikationsobjekten eller funktionerna i projektet är 1717 stycken och gruppadresserna för funktionerna är 512 stycken. De individuella adresserna för deltagarna är enligt figuren färre än apparaterna, vilket beror på att strömkällorna saknar individuella

adresser. Projektet har 122 rum där belysningen styrs med KNX och samtliga apparater är av märket ABB.

4 Komponenter

Nedan följer beskrivningar på apparaterna som använts. Beskrivningarna klargör endast för komponentens grundläggande funktion, eftersom komponenterna oftast har en mängd olika funktioner. Nämnvärt är också att det finns ett stort antal tillverkare av KNX-apparater och man har således stor frihet i val av apparater vid planering av ett system (se kapitel 2). Orsaken till att ABB:s KNX-apparater valdes i detta projekt var att nästan all övrig elmaterial var av märket ABB. Varje KNX-apparat har en KNX-logo på framsidan av apparaten, denna logo försäkrar att apparaten i fråga är kompatibel med samtliga KNX-apparater från alla tillverkare.

4.1 Strömkällor

Strömkällorna finns med inbyggd drossel för matning av två separata linjer. Spänningen är 29 VDC och den maximala strömmen är 640 mA (dock inte 640 mA per utgång). Strömkällan är försedd med en LED display med drifts- och felindikering. /2/



Figur 22 SV/S 30.640.5 strömförsörjningsenhet 640 mA, MDRC. /2/

Strömkällorna finns i tre olika storlekar, 160 mA, 320 mA och 640 mA. Därtill finns även s.k. UPS-strömkällor som även har en batterimodul som inkopplas till strömkällan. Denna UPS-strömkälla används på sådana ställen där KNX-systemet bör ha fortsatt funktion även vid strömbrott. Exempel på sådana tillfällen är t.ex. ifall man har kopplat larmsystem till KNX-systemet. /2/

4.2 Linjekopplare

Linjekopplare används i större installationer för att koppla ihop flera linjer och fungerar på samma sätt som en switch. Detta innebär att den filtrerar bort information eller telegram som inte berör intilliggande linjer. Filtreringen görs utifrån gruppadresserna och görs för att minska på kollisioner som uppstår när flera apparater försöker sända ett telegram samtidigt. /2/



Figur 23 LK/S 4.1 linjekopplare, MDRC. /2/

Enheten isolerar dessutom linjerna elektriskt från varandra med galvanisk isolation. Inom samma linje kan linjekopplaren även fungera som en linjeförstärkare. /2/

4.3 USB Interface

USB-moduler används för koppling av en dator via USB-porten till buslinjen, för programmering och övervakning från ETS. Apparaten är även försedd med en leddisplay som indikerar anslutning och dataöverföring. /2/



Figur 24 USB/S 1.1 USB interface, MDRC. /2/

USB-modulen kan inkopplas var som helst på buslinjen, men vid programmeringen av apparaterna måste detta göras linjesvist och man bör således koppla in sig på linjen i fråga för att kunna programmera apparaterna i denna linje. Efter att en apparat programmerats en gång är det dock möjligt att programmera samma apparat igen från en annan linje.

4.4 Brytakter

En brytaktor i KNX-sammanhang är ett sorts relä med 4, 8 eller 12 kanaler som alla kan styras individuellt (och oberoende av varandra) via programmering i ETS. Brytaktorn har vanligtvis funktioner för såväl till- och frånslagsfördröjning, scenariofunktion, master/slave osv. /2/

En brytaktor i KNX-sammanhang kallas också för binärutgångsenhet i vissa sammanhang.



Figur 25 SA/S 4.6.1 binärutgång, MDRC. /2/

Varje kanal i en brytaktor har även en statusindikering, denna skickar en bits information vid påverkning. Reläspetsarna är vanligtvis 6- 10- 16- eller 20 A och spänningen genom reläspetsarna max 250 VAC. En del brytakter har även strömmätning på utgångarna, detta är fördelaktigt t.ex. för sådana utrymmen där olika personer eller företag betalar för strömtågången i olika utrymmen. /2/

4.5 Binäringångar

Binäringångsmoduler med 4- eller 8-kanaler där kanalerna är oberoende av varandra. Statusen på varje ingång indikeras med en gul led. Varje ingång har även en tryckknapp för manuell reglering. Binäringångsmodulen i figur 26 har s.k. flytande potential på ingångarna och ingen extern strömtillförsel behövs. /2/



Figur 26 BE/S 8.20.1 binäringång, MDRC. /2/

Binära ingångsmoduler används för ihopkoppling av KNX med andra system, vilket också var fallet i detta projekt. En binär ingångsmodul som syns i figur 26 användes för

ihopkoppling av KNX med VAK-systemet. Funktionerna som hämtades från VAK:en var dock endast tidsfunktioner och indikeringar från skymningsrelä. /2/

Den binära ingångsmodulen kan även användas ifall man använder traditionella tryckknappar i stället för KNX-tryckknappar. Detta kan i många fall vara ett billigare alternativ, men man bör också beakta att funktionsmöjligheterna inte alls är lika mångsidiga som vid användandet av en KNX-tryckknapp. /2/

4.6 Buskopplare

Buskopplare används för inkoppling av tryckknappar, närvarosensorer, termostater m.m. Buskopplaren är en universal modul som passar till de flesta rumsapparater. Apparaterna fastsätts på buskopplaren. /2/



Figur 27 6120 U-102-500 buskopplare. /2/

Samtliga rumsapparater i projektet var apparater som krävde att en buskopplare användes. Fördelen med användning av apparater som kräver användning av buskopplare är att man vid adresseringen endast behöver adressera buskopplaren och således inte behöver koppla in själva apparaten före ibruktagningen. Buskopplaren är den enhet som innehåller den egentliga intelligensen, medan tryckknappar, närvarosensorer och termostater endast ger information om knapptryck, rörelse och temperatur.

4.7 Dimmerenheter

Dimmerenheter används för tändning/släckning och dimring av belysningsanordningar utrustade med 0–10 V dimring eller universal dimring. Dimmerenheter finns med 2-, 4- eller 8-kanaler som kan styras centralt eller individuellt och oberoende av varandra. Enheter har olika funktioner, t.ex. scenariefunktioner och tidsfunktioner. /2/



Figur 28 SD/S 8.16.1 dimmer enhet 0-10 V, MDRC. /2/

I figur 28 syns ett exempel på en dimmerenhet med 0–10 V dimring med åtta kanaler. Dessa enheter användes för samtliga dimringar i projektet där även scenariefunktionerna användes för samtliga enheter. /2/

4.8 Tidur

Med dygns-, vecko-, månads- och årsprogram kan tiduren ta emot tidssignal från DCF 77 sändaren via en antenn FA/A som inkopplas till tiduret. DCF 77 sänder ut information om datum och tid och är placerad i Tyskland. Räckvidden för sändaren når emellertid inte till Finland och är således oväsentlig i detta sammanhang. Tid och datum sänds som ett telegram över buslinjen från tiduret för att säkerställa att alla apparater som är beroende av tid och datum är synkroniserade med varandra. Tiduret har fyra kanaler och varje kanal kan skicka ett ON/OFF-värde eller ett dimringsvärde till en eller flera brytakter eller dimmermoduler. Programmeringen av tiduret kan göras via knapparna på apparaten eller via ett PC-program speciellt utvecklat för tiduret. /2/



Figur 29 FW/S 4.5 radio tidur 4-kanal, MDRC. /2/

Programmeringen via PC-program är ganska krävande eftersom man måste ha både ett särskilt minneskort som passar till tiduret och ett PC-program som är särskilt utvecklat för programmeringen av tidurets funktioner. /2/

Det enklare alternativet är således programmeringen av själva apparaten, vilket också gjordes i projektet. Tiduret användes till automatisk tändning och släckning av belysning samt för att apparaterna skall veta skillnaden på kontorstid och övriga tider, eftersom vissa funktioner i projektet skiljer beroende på tiden på dygnet.

4.9 Närvarosensorer

Närvarosensorer används för styrning av belysning via närvaroavkänning och/eller genom konstant ljusavkänning. Apparaten kan sända ett ON/OFF-telegram eller ett dimringsvärde till en dimmerenhet. Enheten har förutom en kanal för styrning av belysning även en s.k. HVAC (se förklaringar) kanal som används för styrning och reglering av värme, kylning och ventilation. /2/



Figur 30 6131-74-102-500 närvarosensor. /2/

Närvarosensorn känner av rörelse med en radie på 3 m 360° och är avsedd för montering i tak. Sensorn monteras på buskopplaren och fungerar på samma sätt som en tryckknapp genom att en impuls ges vid rörelseavkänning. Denna närvarosensor skall således med fördel placeras mitt i ett rum för att uppnå bästa rörelseavkänningsförmåga. /2/

Närvarosensorn användes i projektet i samtliga konferens- och skolningsrum.

4.10 Tryckknappar

Tryckknapparna används för tändning, släckning och dimring av belysning, men kan även användas för styrning av jalousier, markiser m.m. Tryckknappen är utrustad med statusled som ändrar färg för ON- och OFF-läge. Finns i 1-, 2- eller 4-vägs utföranden. Färgerna för statusledarna är grön och röd. /2/



Figur 31 6127-81-101 4-vägs tryckknapp. /2/

Denna modell användes i samtliga utrymmen i projektet, dock i två olika färger, vit och grå. Tryckknappen kan programmeras för ON/OFF-funktion, dimmerfunktion och shutterfunktion. Normalt används tryckknappen för tändning av max fyra olika belysningsgrupper men den kan även omprogrammeras för att styra åtta olika grupper. Nackdelen med detta är att det finns endast fyra statusledar. /2/

5 Resultat

Resultatet blev en fungerande anläggning med många intelligenta belysningsstyrningar både med tanke på bekvämlighet, användarvänlighet och energiinbesparing. I skrivande stund, februari 2011, är projektet i och för sig ännu inte helt färdigställt men belysningsstyrningarna är testade till 95 %. De resterande 5 % kan inte testas ännu i detta skede eftersom byggnaden inte ännu är färdigställd. Speciellt innergårdens belysningar kan ännu inte testas, liksom en del utebelysningar. Dessutom är en del utrymmen på första våningen inte testade eftersom de ännu inte har blivit uthyrda, och således ännu inte installerade. Dessa affärsutrymmen kommer heller inte att färdigställas förrän utrymmen är uthyrda och behoven av teknik och belysningar är klargjorda.

Projektet blev försenat ett flertal gånger p.g.a. att slutdatumet för projektets färdigställande ändrades under projektets gång. Detta innebar för min egen del att jag inte kunde hålla tidtabellen som först hade gjorts innan projektet påbörjades. Programmeringen har alltså gjorts i takt med att projektet framskridit, men under projektets gång har programmeringen ändå hela tiden varit lite i förtid, speciellt vid ibruktagningsskedet.

6 Diskussion

Programmeringen i sig har varit ganska tidskrävande eftersom det i början inte var klart vilka funktioner som skulle inkluderas i projektet, utan detta diskuterades och planerades under projektets gång tillsammans med ingenjörbyrån som skötte elplaneringen.

Systemet var helt nytt för min egen del innan jag började med detta projekt, vilket i sig självt också har lett till att programmeringen har varit ganska tidskrävande. Detta innebar en hel del läsning av instruktioner och manualer, samt att genom testning komma underfund med hur olika funktioner skall programmeras.

Vid ett fåtal tillfällen har jag också varit tvungen att fråga råd av en expert inom området för att få alla önskade funktioner att fungera problemfritt. Programmeringen har jag gjort

nästan helt självständigt och ett stort antal timmar har gått åt till testning och utformning av de olika funktionerna. Automationssystemens inlärningsmetoder är väldigt många, men enligt eget tycke lär man sig ett system snabbast genom att testa sig fram till lösningar genom simuleringar och praktiska tester.

Projektet har varit ytterst intressant och lärorikt och problemen som uppstått under arbetets gång har varit många och svårlösta, men i slutändan kunde ändå ett fungerande system levereras till beställaren.

Programmeringen fortsätter för min del på de resterande skedena av Campusområdet, vilka ännu är långt ifrån färdigställda, men jag ser med förväntan fram emot den fortsatta programmeringen och nya problemställningar. Funktionerna i de återstående skedena är också fler än i detta första skede och detta innebär sannolikt att den fortsatta programmeringen kommer att vara fortsatt intressant och lärorik.

Källförteckning

- /1/ ABB i-bus KNX
Intelligent Installation Systems, System Descriptions

- /2/ ABB i-bus KNX Smart Home and Intelligent Building Control
Product Range Overview 2010/2011
www.abb.com/knx
(Läst: den 12 Januari 2011)

- /3/ EIB/KNX Teori
ETS – EIB Tools Software, Studiematerial
Elbranchens utvecklings- och utbildningscenter, Sverige

- /4/ EIB/KNX teori
Studiematerial 1
Elbranchens utvecklings- och utbildningscenter, Sverige

- /5/ EIB/KNX teori
Studiematerial 2
Elbranchens utvecklings- och utbildningscenter, Sverige

- /6/ KNX Basic Course
Bus Devices, KNX Association
Busdevices_E0608b.doc

- /7/ KNX Basic Course
Commissioning, KNX Association
ETS3_Commissioning_E0808a.doc

- /8/ KNX Basic Course
Communication, KNX Association
Communication_E0608c.doc

- /9/ KNX Basic Course
Diagnostics, KNX Association
ETS3_Diagnostics_E0106b.doc

- /10/ KNX Basic Course
ETS3 Project design: Advanced, KNX Association
ETS3_Planning complex_E0106b.doc

- /11/ KNX Basic Course
ETS3 Project design: Basic, KNX Association
ETS3_Planning basic_E0708c.doc

- /12/ KNX Basic Course
Powerline PL110, KNX Association
Powerline_E0307b.doc

- /13/ KNX Basic Course
Presentation, KNX Association

- /14/ KNX Basic Course
System Arguments, KNX Association
Arguments_E0509a.doc

- /15/ KNX Basic Course
TP1 Installation, KNX Association
Installation_E0106c.doc

- /16/ KNX Basic Course
TP1 Topology, KNX Association
Topology_E0608a.doc

- /17/ KNX-Fastighetsautomation
Ensto Busch-jaeger Oy, 2008

- /18/ KNX, KNX-standard
<http://www.knx.org>
(Läst: den 12 Januari 2011)

- /19/ KNX onlinekurs
Schneider Electric
<http://www.schneider-electric.se>

- /20/ Open systems Interconnection, model and notation
International Telecommunication Union
<http://www.itu.int>
- /21/ OSI 7-layer model
Telecommunications tutorials
<http://www.telecommunications-tutorials.com>